

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Posouzení kluzných ložisek bočního shrnovače
Sliding Bearing Assessment of Side Scraper

Student:

Martin Grycz

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сје́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сје́днано, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GRYZ, M. *Posouzení kluzných ložisek bočního shrnovače: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 42 s., Vedoucí práce: Fries, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem kluzného ložiska bočního poloportálového shrnovače. V úvodu je popsáno skládkové hospodářství a stručný popis skládkových strojů. Dále je popsáno umístění ložisek na shrnovači a je navrženo několik možných variant použitelných ložisek. Ve výpočtové fázi je spočítáno zatížení, se kterým se ložiska potýkají. Následně je provedena kontrola nejvyššího tlaku v ložisku. Hlavním cílem práce je návrh nového typu ložiska, schopného nahradit ložisko použité ve stávajícím, nevhodném řešení. V příloze je výkresová dokumentace ložisek a čepů sloužících k jejich mazání.

ANOTATION OF THESIS

GRYZ, M. *Sliding Bearing Assessment of Side Scraper: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2010, 42 p., Thesis head: Fries, J.

The thesis is dealing with design of Sliding Bearing on semi-portal scraper. An introduction describes the stockyard systems and brief description of the stockyard unit. Then is described the location of the bearings on scraper and several possible variants of an applicable bearings is designed. Load acting on the bearings is counted in the calculation phase. Then checkup of maximal pressure in bearing is effected. The main objective of the thesis is to design new type of bearing, which replace current unfit bearing. In annex there are mechanical drawings of the bearings and pivot pins.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ	7
1. ÚVOD.....	10
2. SKLADOVÁNÍ SYPKÝCH MATERIÁLŮ	11
2.1 Úvod do problematiky skladování sypkých materiálů	11
2.2 Založení skládky sypkých hmot	12
3. SKLÁDKOVÉ STROJE	16
3.1 Zakladače	16
3.2 Stroje s čelním odběrem.....	17
3.3 Stroje s bočním odběrem.....	17
4. LOŽISKA NA BOČNÍM SHRNOVAČI	20
5. VÝPOČET SIL ZATĚŽUJÍCÍCH VODIČ ŘETĚZU	23
5.1 Výpočet tíhové síly	23
5.2 Výpočet napínací síly	24
6. VÝPOČET REAKCÍ V PODPORÁCH NOSNÍKU	25
7. VÝPOČET OBVODOVÝCH RYCHLOSTÍ	34
8. KONTROLA TLAKŮ V LOŽISKÁCH	37
9. ZÁVĚR.....	40
10. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ	41
11. SEZNAM PŘÍLOH	42

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Označení	Jednotka	Význam
D_B	m	průměr lanového bubnu
D_K	m	průměr kladky
D_t	m	průměr roztečné kružnice turasového kola
F_G	N	tíhová síla
F_K	N	maximální síla zatěžující jednu kladku
F_n	N	napínací síla
F_t	N	tahová síla
F_V	N	maximální síla zatěžující jeden čep vodiče
M_2	Nm	výstupní moment převodovky
M_{2max}	Nm	maximální výstupní moment převodovky
R_{K1}	N	reakce v ose závěsu při náklonu 40°
R_{K2}	N	reakce v ose závěsu při náklonu 38°
R_{K3}	N	reakce v ose závěsu při náklonu 0°
R_{K4}	N	reakce v ose závěsu při náklonu -15°
R_{Kmax}	N	největší reakce v kladkách
R_{Kx1}	N	reakce v závěsu ve směru osy x při náklonu 40°
R_{Kx2}	N	reakce v závěsu ve směru osy x při náklonu 38°
R_{Kx3}	N	reakce v závěsu ve směru osy x při náklonu 0°
R_{Kx4}	N	reakce v závěsu ve směru osy x při náklonu -15°
R_{Ky1}	N	reakce v závěsu ve směru osy y při náklonu 40°
R_{Ky2}	N	reakce v závěsu ve směru osy y při náklonu 38°
R_{Ky3}	N	reakce v závěsu ve směru osy y při náklonu 0°
R_{Ky4}	N	reakce v závěsu ve směru osy y při náklonu -15°
R_{V1}	N	reakce v čepch vodiče při náklonu 40°
R_{V2}	N	reakce v čepch vodiče při náklonu 38°
R_{V3}	N	reakce v čepch vodiče při náklonu 0°
R_{V4}	N	reakce v čepch vodiče při náklonu -15°
R_{Vmax}	N	největší reakce v čepch vodiče
R_{Vx1}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 40°

R_{Vx2}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 38°
R_{Vx3}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 0°
R_{Vx4}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu -15°
R_{Vy1}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy y při náklonu 40°
R_{Vy2}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy y při náklonu 38°
R_{Vy3}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy y při náklonu 0°
R_{Vy4}	N	reakce v čepch vodiče ve směru osy y při náklonu -15°
b	mm	šířka ložiska
d	mm	vnitřní průměr ložiska
d_C	m	průměr čepu spojujícího vodič s rámem
d_k	m	průměr čepu kladky
f_B	N	provozní součinitel převodovky
g	m.s^{-2}	tíhové zrychlení
i_p	-	převodový poměr převodovky
l	m	délka rámu
l_l	m	vzdálenost mezi čepem a závěsem vodiče
l_L	m	délka navinutého lana
l_s	m	vzdálenost mezi krajními polohami kladky závěsu
l_z	m	délka závěsu
m	kg	hmotnost pohyblivé stavby
m_h	kg	hmotnost jednoho hřebel
m_n	kg	hmotnost napínání shrnovacího řetězu
m_r	kg	hmotnost rámu vodiče
m_z	kg	hmotnost závěsu vodiče
n_2	min^{-1}	výstupní otáčky převodovky
n_{ih}	-	počet hřebel tvořících shrnovací řetěz
n_{ip}	-	počet nosných průřezů v jedné větvi lanového převodu
n_{KZ}	min^{-1}	otáčky kladky závěsu vodiče
n_{VKI}	min^{-1}	otáčky vodící kladky blíže bubnu
p_D	MPa	dovolený měrný tlak
p_K	MPa	tlak na pouzdro v kladce
p_V	MPa	tlak na pouzdro na čepu vodiče

t_Z	s	doba trvání přesunu vodiče mezi krajními polohami
v_B	m.s^{-1}	obvodová rychlost u bubnu
v_C	m.s^{-1}	kluzná rychlost ložisek na čepu vodiče
v_K	m.s^{-1}	obvodová rychlost vodící kladky blíže bubnu
v_{KZ}	m.s^{-1}	kluzná rychlost ložiska kladky závěsu vodiče
v_{VoK1}	m.s^{-1}	kluzná rychlost ložiska vodící kladky blíže bubnu
v_{VoK2}	m.s^{-1}	kluzná rychlost ložiska vodící kladky vzdálenější bubnu
v_{VyK}	m.s^{-1}	obvodová rychlost vyrovnávacích kladek
φ	rad	úhlová dráha o kterou se otočí vodič kolem čepu
ω_C	rad.s^{-1}	úhlová rychlost čepu vodiče
$(p.v)_D$	MPa.m.s^{-1}	dovolené tepelné zatížení ložisek

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce je vytvořena ve spolupráci s podnikem VÍTKOVICE GEARWORKS a.s. a zabývá se posouzením kluzných ložisek na poloportálovém shrnovači umístěném v teplárně Malešice.

Stávající ložiska jsou nevhodná, hlavně kvůli agresivnímu prostředí, kdy uhelný prach vniká do samomazného pouzdra a narušuje kluznou vrstvu, čímž se výrazně snižuje funkčnost a životnost ložisek.

Úkolem této práce je navrhnout jiného typu ložisek, které nahradí stávající nevhodné řešení při plánované rekonstrukci stroje. Dalším úkolem je navrhnout systém mazání ložisek ve všech místech uložení pouzder při snaze zachovat maximální možný počet rozměrů stroje beze změn.

2. SKLADOVÁNÍ SYPKÝCH MATERIÁLŮ

2.1 Úvod do problematiky skladování sypkých materiálů

V dnešní době je důležité hospodárné nakládání se základními surovinami a palivy. Zpracovatelské a dodavatelské závody se snaží nalézt cestu k optimálně fungujícímu skládkovému hospodářství sypkých materiálů. Důvodů pro toto jednání je více. Hlavní je potřeba udržet kvalitu surovin a dostatečně se jimi předzásobit. Dostatečné zásoby základních surovin a paliv pro různé technologické, homogenizační, nebo i havarijní účely zajišťují skládky sypkých hmot. Správně a spolehlivě fungující skládkové hospodářství dnes počítá s homogenizací zpracovávaného materiálu. Homogenizace je zakládání materiálu do tenkých vrstev tak, aby při jeho odběru procházel nabírací orgán stroje co největším počtem vrstev. Tím je zaručeno, že každý prvek nabíracího stroje obsahuje určité množství materiálu z každé vrstvy.

Skládky sypkých hmot jsou budovány pro splnění následujících účelů:

- a) Vyrovnání rozdílů mezi dodávkou a spotřebou materiálu ve zpracovatelském závodě.
- b) Vytvoření dostatečné zásoby materiálu pro případ výpadků v dopravě materiálu nebo havárie a předzásobení pro období zvýšené spotřeby.
- c) Zvládnutí operací souvisejících s přepravou a překládáním materiálu.
- d) Zajištění plynulého přísunu materiálu do výrobního procesu.
- e) Zprůměrnění chemických vlastností jednoho druhu materiálu dodávaného z různých těžebních lokalit.
- f) Zprůměrnění fyzikálních vlastností jednoho druhu materiálu.
- g) Směšování různých druhů materiálů před vstupem do technologického procesu.

Podle typu skládky se pak počítá s určitým stupněm homogenizace, kdy na skládkách typu a) - c) probíhá pouze náhodná a neřízená homogenizace a u typů e) - g) je pomocí řízeného způsobu zakládání a odběru materiálu dosahováno vysokého stupně účinnosti homogenizace.

2.2 Založení skládky sypkých hmot

Před založením skládky je nutné se zaměřit na různé aspekty, které ovlivní výběr typu skládky a metodu jejího založení. Základním hlediskem je umístění co největšího množství materiálu na co nejmenší prostor a určení potřebného stupně homogenizace. Zařízení a stroje obsluhující skládku musí mít co největší spolehlivost a produktivitu práce, ideálně i možnost automatizace procesu skladování. Nutné je se řídit požadavky na ochranu životního prostředí, zejména z hlediska prašnosti.

Způsoby zakládání hromad lze rozdělit takto:

- a) podle tvaru půdorysu založené hromady
 - podélné skládky – osa skládky je přímá (obr. 2.1)
 - kruhové skládky – osou skládky je kružnice (obr. 2.2)

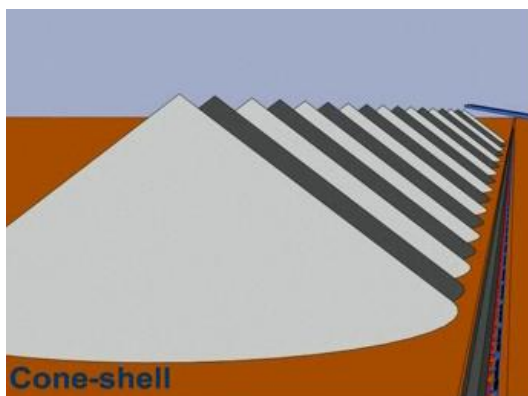


Obr.2.1 Podélné skládky [11]



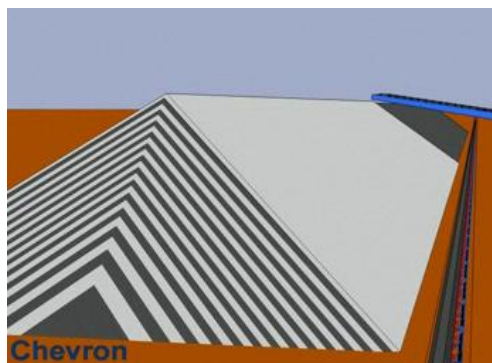
Obr. 2.2 Kruhová skládka [11]

- b) podle průřezu hromady
- trojúhelníkové - založené do maximální výšky při daném rozměru paty hromady
 - lichoběžníkové - výška nedosahuje maximální možné výšky
- c) podle metody zakládání
- metoda „**Cone-shell**“ (metoda kuželových vrstev; obr. 2.3) – první kužel je založen pod přirozeným sypným úhlem materiálu do plné výšky hromady. K němu se pak přisypávají jednotlivé kuželové vrstvy, až na plnou délku hromady. Zakládání se realizuje shazovacím vozem nebo pojízdným pásem. U tohoto způsobu zakládání dochází u materiálů s vysoce rozdílnou zrnitostí k segregaci hrubých frakcí ve spodních a vnějších vrstvách hromady. Zvláště u suchých materiálů se vlivem velké pádové výšky vyskytuje prašnost a nežádoucí dodrcování hrubých frakcí materiálu. Metoda není vhodná pro homogenizaci při jakémkoliv způsobu odběru.



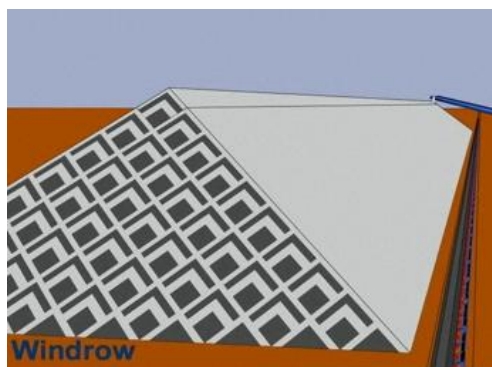
Obr. 2.3 Metoda Cone-shell [12]

- metoda „**Chevron**“ (metoda trojúhelníkových vrstev; obr. 2.4.) – na dně skládky je vytvořena základní trojúhelníková vrstva, na kterou jsou pod přirozeným sypným úhlem oboustranně přisypávány lichoběžníkové vrstvy do plné výšky hromady. Použitím sklopného výložníku s dopravním pásem snížíme pádovou výšku a odstraníme prašnost a dodrcování materiálu. I u tohoto způsobu zakládání dochází k segregaci hrubých frakcí ve spodních a vnějších vrstvách. Nicméně volbou vhodného způsobu odběru můžeme dosáhnout vysokého stupně účinnosti homogenizace tím vyloučit vliv segregace.



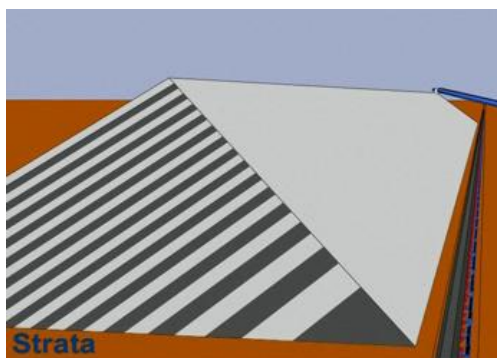
Obr. 2.4 Metoda Chevron [12]

- metoda „**Windrow**“ (metoda kosočtverných vrstev; obr.2.5.) – na dně skládky jsou, po celé délce hromady, základní trojúhelníkové vrstvy vytvořené metodou „Chevron“, mezi ně jsou pod přirozeným sypným úhlem stejnou metodou přispávány kosočtverčné vrstvy do plné výše hromady. Pro zakládání se používá otočný a většinou i sklopný výložník s dopravním pásem. U této metody zakládání je výrazně potlačena segregace hrubých frakcí materiálu a při vhodně zvoleném způsobu odběru nastává i vysoký stupeň účinnosti homogenizace.



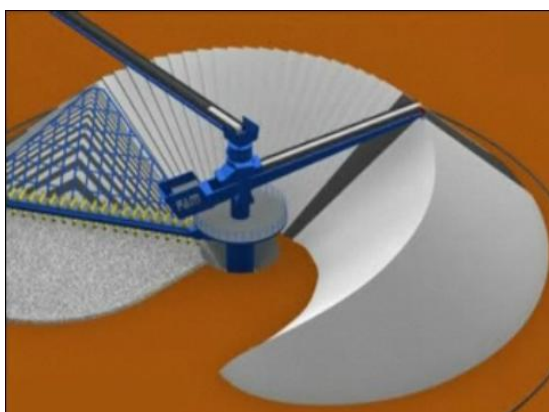
Obr. 2.5 Metoda Windrow [12]

- metoda „**Strata**“ (obr.2.6) – na okraji skládky je po celé délce umístěna základní trojúhelníková vrstva, ke které jsou pod přirozeným sypným úhlem jednostranně přispávány lichoběžníkové vrstvy až do plné výšky hromady. Ve spodních vrstvách dochází k segregaci hrubých frakcí materiálu. Vzhledem k tomu, že u této metody je největší počet uložených vrstev, je u této metody při vhodném způsobu odběru velmi vysoký stupeň účinnosti homogenizace.



Obr. 2.6 Metoda Strata [12]

- metoda „**Quincunx**“ – hromada je po celé délce tvořena vodorovnými lichoběžníkovými vrstvami zakládány na sebe do plné výšky hromady. Hromada je zakládána portálovým pásovým zakladačem pojíždějícím po kolejích. Velká pádová výška je příčinou prašnosti a může způsobit dodrcení materiálu. Nedochozí k segregaci materiálu. Při vhodném způsobu odběru materiálu dochází k vysokému stupni účinnosti homogenizace.
- metoda „**Chevcon**“ (obr.2.7.) – kruhová hromada je zakládána výložníkem s dopravním pásem, který je otočný o 360° a sklopný v rozsahu výšky zakládané hromady. Výložník se při zakládání otáčí střídavě doleva a doprava o určitý úhel. Při pootáčení výložník kopíruje poslední založenou vrstvu ve výšce přibližně 0,5m od jejího povrchu. I u této metody dochází k segregaci materiálu, vhodnou metodou odběru její vliv vyloučíme. Stupeň homogenizace je vyšší vzhledem k vyššímu počtu vrstev oproti jiným metodám.



Obr. 2.6 Metoda Chevcon [12]

3. SKLÁDKOVÉ STROJE

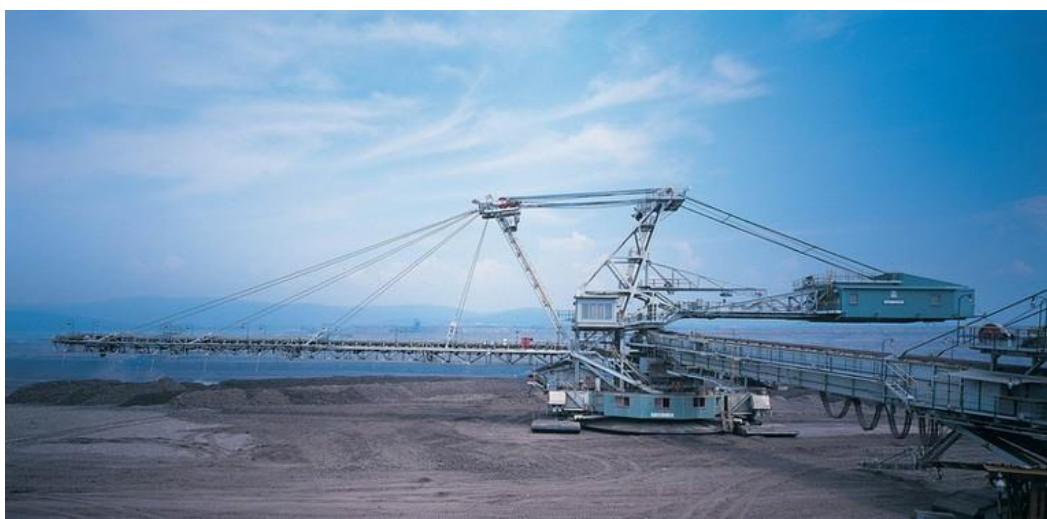
Skládkové stroje a zařízení se rozdělují do dvou hlavních skupin:

- stroje pro zakládání přiváděného materiálu (zakladače)
- stroje pro odebrání materiálu ze skládky (naběrače a shrnovače), ty se dále dělí na stroje odebírající materiál z čela hromady a stroje odebírající z boku hromady

Pro co nejvyšší stupeň homogenizace je nutné vhodně zkombinovat způsob zakládání se způsobem odebrání z hromady.

3.1 Zakladače

Zakladače slouží k ukládání vytěžené horniny na skládku. Podle způsobu transportu horniny k zakladači je dělíme na kolejové a pásové. U kolejového zakladače je zemina, přivezena LH vozy, vysypána do koryta. Odtud se nabírá pomocí naběrače s korečkovým řetězem a dopravuje se na výložníkový pás a dále k výsypce. Celá konstrukce zakladače pojíždí na kolejovém podvozku. Používanější je pásový zakladač, neboli zakladač bez nabíracího zařízení, který spolupracuje s dálkovou pásovou dopravou. Dopravovaná zemina je z pásu shazována shazovacím vozem na spojovací pás zakladače, odtud putuje na výložníkový pás a k výsypce. Používají se housenicové nebo kráčivé podvozky.



Obr. 3.1 Pásový zakladač PRODECO ZP6800 na kráčivém podvozku [7]

3.2 Stroje s čelním odběrem

Naběrače a shrnovače odebírající materiál z čela existují v mnoha provedeních, lišících se druhem dobývacího orgánu, pojezdem i samotnou stavbou stroje. Všechny typy strojů fungují na stejném principu, kdy odebírají materiál v patě hromady, kam je dopraven pohyblivou bránou umístěnou před naběračem nebo shrnovačem. Brána má přibližně tvar hromady. Pohybuje se napříč a vibruje, čímž rozrušuje materiál a dopravuje jej k patě hromady, odkud je pak nabírán hřebly shrnovacího řetězu (mostový naběrač), nebo kolesem s korečky. Podél hromady je umístěn dopravní odsunový pás, který odváží materiál od strojů k dalšímu zpracování.

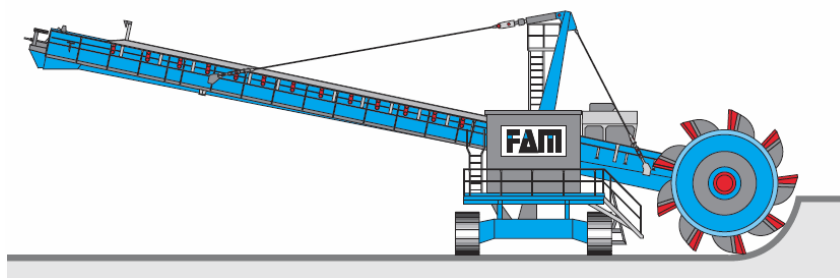


Obr. 3.2 Mostový shrnovač s možností postupu oběma směry [11]

3.3 Stroje s bočním odběrem

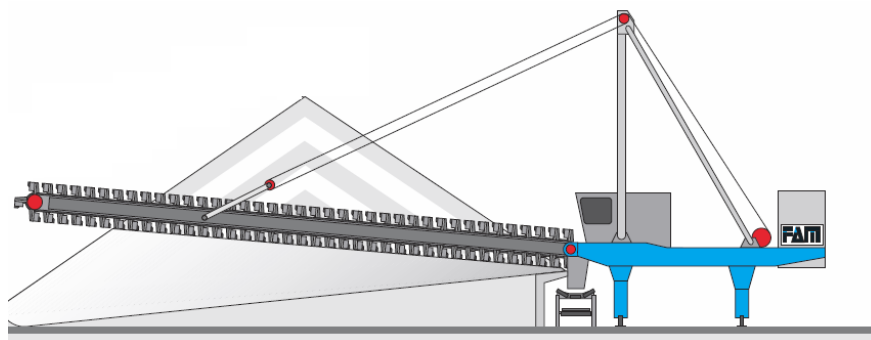
Boční naběrače a shrnovače jsou zařízení pro odsun a odběr sypkých materiálů kolmo k ose hromady. Materiál je z hromady odebírán přímo shrnovacím řetězem s hřebly, nebo kolesem s korečky, nepoužívají se brány, ani jiné pomocné zařízení. Stroje s bočním odběrem mohou pracovat na skládce založené jakoukoliv metodou.

- Kolesový výložníkový naběrač (obr.3.3) – naběrač popojíždí po kolejnicích nebo na housenicovém podvozku podél skládky zatímco otáčející se koleso s korečky nabírá materiál z horní části hromady. Ten se pak předává na výložníkový pás a dále na odsunový skládkový dopravník. Odběr hromady probíhá po jednotlivých lávkách vysokých přibližně jako polovina průměru kola. Naběrače jsou určeny pro venkovní skládky bez požadavků na homogenizaci.



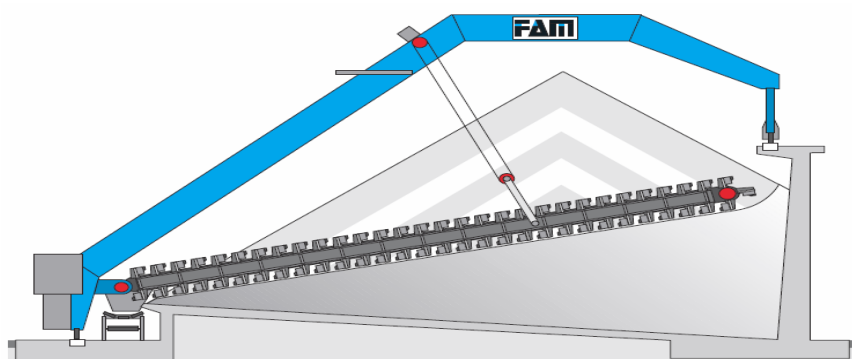
Obr. 3.3 Kolesový výložníkový naběrač [12]

- Boční shrnovač (obr.3.4) – shrnovací řetěz s hřebly shrnuje materiál na odsunový dopravní pás, který je podél celé délky skládky umístěn u paty hromady. Shrnovač pojíždí po kolejkách podél hromady, po dosažení krajní polohy se vodič spustí do záběru a odebírá se další tříska. Při vhodné metodě zakládání se dosahuje dobrého stupně homogenizace.



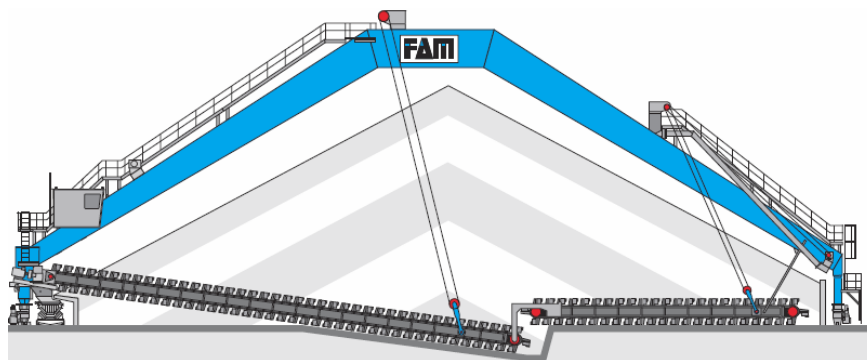
Obr. 3.4 Boční shrnovač[12]

- Poloportálový shrnovač (obr.3.5) – funguje jako boční shrnovač, liší se pouze nosnou konstrukcí a umístěním kolejnic pro pojezd v různých úrovních po obou stranách hromady. Rozpětí poloportálu je úměrné délce vodiče shrnovacího řetězu.



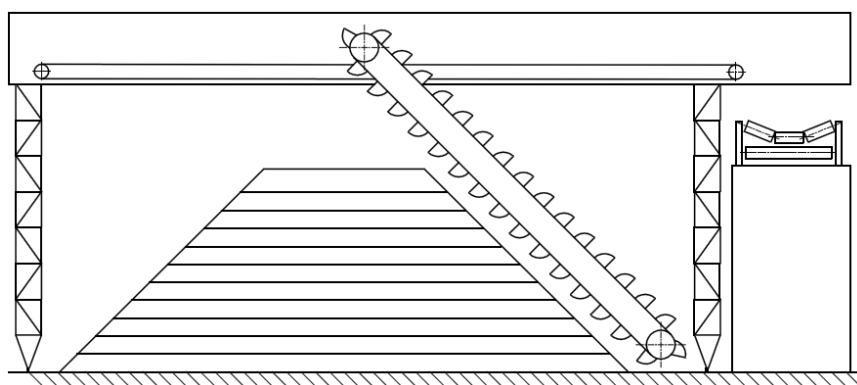
Obr. 3.5 Poloportálový shrnovač[12]

- Portálový shrnovač (obr.3.6) – pracuje opět na stejném principu jako poloportálový a boční shrnovač, kolejnice pro pojezd shrnovače však leží na úrovni terénu po obou stranách hromady. Pro větší šířky hromady bývá portálový shrnovač vybaven pomocným shrnovacím řetězem umístěným na opačné straně hromady, než je odsunový pás. Pomocný shrnovací řetěz dopravuje materiál ke špičce hlavního řetězu.



Obr. 3.6 Portálový shrnovač[12]

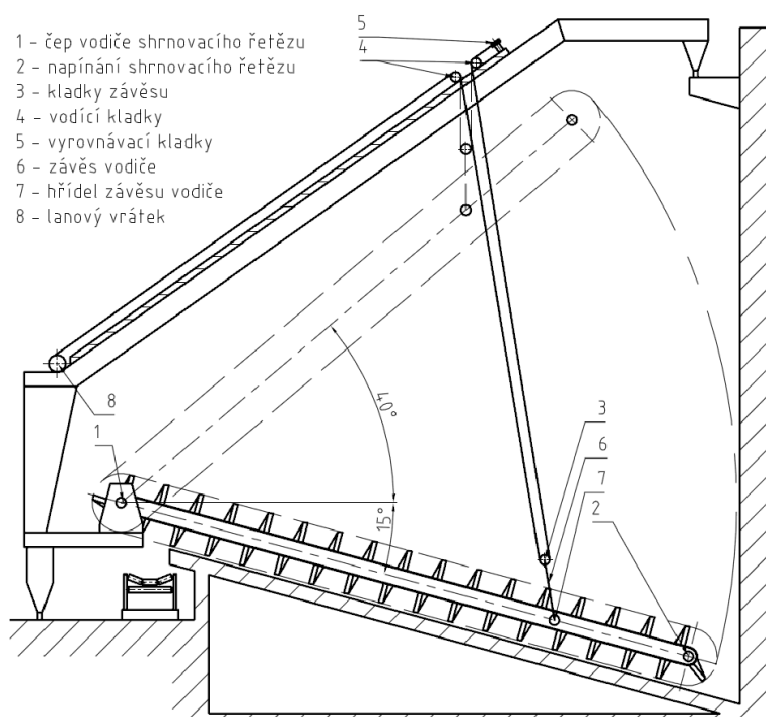
- Portálový korečkový naběrač (obr.3.7) – materiál z hromady nabírají korečky, které jej předávají na dopravní pás uložený v mostu naběrače a dále na odsunový skládkový pás umístěný podél hromady. Portál plynule pojíždí na kolejnicích uložených podél obou stran hromady. Na konci hromady se vodič korečkového řetězu posune o tloušťku třísky do hromady a pokračuje v opačném směru pojezdu. Naběrač je určen pro venkovní skládky a dosahuje výborných výsledků homogenizace.



Obr. 3.7 Portálový korečkový naběrač

4. LOŽISKA NA BOČNÍM SHRNOVAČI

Úkolem této práce je porovnat možné varianty ložisek na shrnovači, vybrat nejvhodnější, následně ji nakreslit a zkonstruovat. Ložiska jsou umístěna ve všech kladkách, na čepech spojujících pohyblivý vodič s pevným rámem a na hřídeli spojující vodič se závěsem. Nejvíce zatížená jsou ložiska na čepech vodiče a v kladkách umístěných na závěsu.



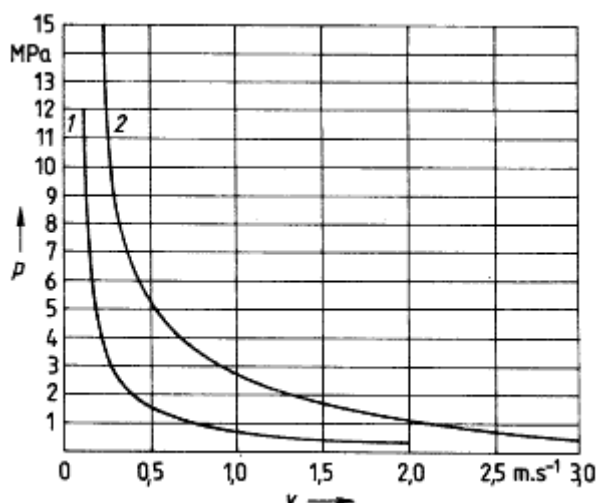
Obr. 4.1 Umístění kladek na shrnovači

Při návrhu ložisek práce vychází ze stávajících rozměrů čepů, kdy potřebný vnitřní průměr ložiska je $d=100\text{mm}$ a jeho šířka $b=100\text{mm}$. O použití valivého ložiska nebylo vůbec uvažováno, kvůli nevhodným rozměrům, prostředí, ve kterém shrnovač pracuje a také rázům a vibracím, které na shrnovač při práci působí.

Porovnání možných variant ložisek použitelných na shrnovači:

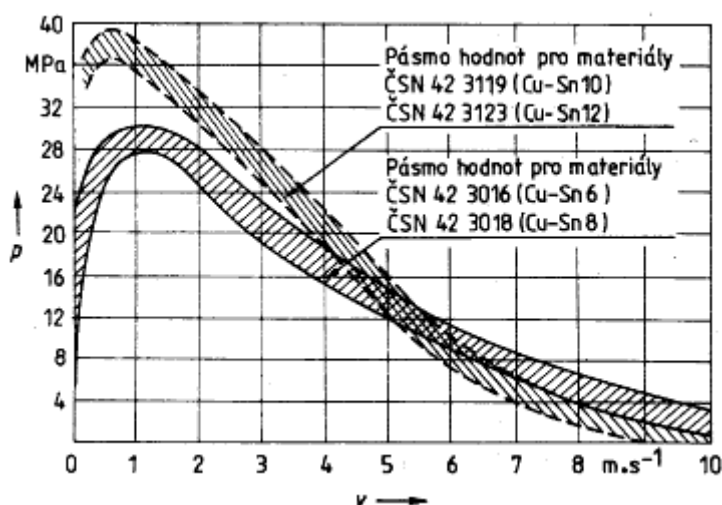
1. KU pouzdro – stávající varianta, jde o tenkostěnné skružované pouzdro skládající se z ocelového podkladu a vrstvy pórovitého cínového bronzu na kterém je směs PTFE a

olova. Může pracovat bez mazání, to se však neosvědčilo, protože ložiska nebyla dobře utěsněna a vnikaly do nich nečistoty, čímž docházelo k zadrhávání. Nemá mazací kapsičky, není tedy vhodné pro mazání tukem. [9]



Obr. 4.2 Maximální zatížení ložisek z materiálů KU(1) a KX(2)[4]

2. KX pouzdro– podobné jako pouzdro KU, na ocelovém podkladu je vrstva cínového bronzu, do ní je naválcována vrstva polyacetátu POM s vylisovanými kruhovými otvory, které slouží jako zásobníky maziva. Ložisko má dlouhé mazací intervaly a je odolné vůči rázovému zatížení. Kluzná vrstva může pracovat i s původní náplní maziva, jeho pravidelné doplňování značně prodlužuje životnost. . Při nízkých kluzných rychlostech je schopno přenášet velké zatížení (obr.4.2).Výhodou je možnost zachování stávajících rozměrů kladek a otvorů pro ložiska. Nevýhodou jsou nevhodné rozměry, proto je potřeba použít dvě pouzdra poloviční délky. S tímto souvisí složitější montáž a mazání ložisek. [9]
3. Kluzné ložisko z masivního bronzu – vlastní výroba, kdy pouzdro konstrukčně vychází z SKF PBM 100115100[10], přidána je jedna obvodová mazací drážka a několik podélných mazacích kapes. Materiál ložiska je ČSN 42 3123, maximální zatížení (obr.4.3) překonává hodnoty obou předchozích návrhů. Ložisko je odolné vůči nečistotám, při nízkých rychlostech odolává vibracím a rázovému zatížení. Při dodržování mazacích intervalů, vykazuje nejvyšší životnost a nejlepší vlastnosti.



Obr.4.3 Maximální zatížení ložisek z cínových bronzů [4]

Díky snadnější montáži a vyšším hodnotám maximálního zatížení se nejvýhodněji jeví bronzové ložisko, proto se v další části práce zabývá pouze touto variantou.

Mazání ložisek snižuje třecí ztráty, opotřebení a hlučnost. Pro bronzová kluzná ložiska je možno použít mazivo jak plastické, tak kapalné, nicméně provozní podmínky a konstrukce shrnovače neumožňují použití oleje. Pro mazání ložisek na shrnovači je vhodné použít vápenaté nebo hlinité plastické mazivo, ideálně s přísadkou grafitu. Vhodný je například MOGUL G3[13].

Mazivo se bude doplňovat ručními mazacími lisami. Mazací otvory v čepech budou uzavřeny kulovou mazací hlavicí. Pro čepy spojující vodič řetězu s rámem stroje je navíc potřeba použít mezikus (výkres GRY110-BP-08), je to způsobeno tím, že v čepu je nutné mít větší závit, aby bylo možno čep vysunout pomocí přípravku. Při nepřetržitém provozu se po dobu záběhu stroje doporučují sedmi denní mazací intervaly.

5. VÝPOČET SIL ZATĚŽUJÍCÍCH VODIČ ŘETĚZU

Vodič shrnovače je zatížen hmotností své stavby a také napínací silou, která napíná řetěz s hřebly a přenáší se do čepů vodiče. Stavba vodiče se skládá z rámu, závěsu, napínání řetězu a 53 hřebel, tvořících shrnovací řetěz.

5.1 Výpočet tíhové síly

Na každý předmět na zemi působí tíhová síla. Pro její výpočet je třeba zjistit celkovou hmotnost pohyblivé stavby:

$$m = m_r + m_z + m_n + n_{ih} \cdot m_h \quad (1)$$

$$m = 4935 + 360 + 917,6 + 53 \cdot 147,8$$

$$m = 14046 \text{ kg}$$

kde:

$m_r =$	4935 kg	hmotnost rámu vodiče
$m_z =$	360 kg	hmotnost závěsu vodiče
$m_h =$	147,8 kg	hmotnost jednoho hřebel
$m_n =$	917,6 kg	hmotnost napínání shrnovacího řetězu
$n_{ih} =$	53	počet hřebel

Tíhová síla:

$$F_G = m \cdot g \quad (2)$$

$$F_G = 14046 \cdot 9,81$$

$$F_G = 137791,26 \text{ N}$$

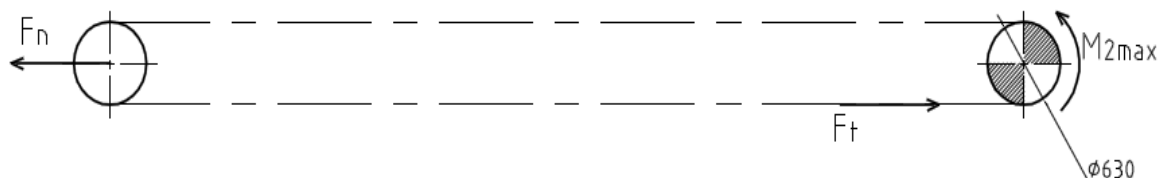
kde:

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} \quad \text{tíhové zrychlení}$$

Hmotnost pohyblivé stavby je rovnoměrně rozložena do celé délky rámu, proto bude tíhová síla působit v těžišti nosníku, což je polovina jeho délky.

5.2 Výpočet napínací síly

Při záběru hřebel působí v řetězech po obvodu turasu tahová síla, která se dále přenáší do napínání řetězu. Výpočet této napínací síly je založen na rovnováze napínací síly a tažné síly na turasovém kole (obr. 5.1). Tažná síla se vypočítá z momentové rovnice.



Obr. 5.1 Rovnováha sil na shrnovacím řetězu

Pohon shrnovacího řetězu zajišťuje čelní převodová skříň s elektromotorem NORD SK 10382 AZSH VL VG-225M/4 TF SH IP66. Při rozjezdu se může motor s převodovkou krátkodobě přetížít, což zvýší tažnou sílu v řetězu.

Pro výpočet tažné síly je nutné určit maximální výstupní moment převodovky:

$$f_B = \frac{M_{2max}}{M_2} \Rightarrow M_{2max} = f_B \cdot M_2 \quad (3)$$

$$M_{2max} = 1,8 \cdot 19534$$

$$M_{2max} = 35161,2 Nm$$

kde:

$$M_2 = 19534 Nm \quad \text{výstupní moment převodovky [8]}$$

$$f_B = 1,8 \quad \text{provozní součinitel převodovky [8]}$$

Tažná síla na turasovém kole:

$$M_{2max} = F_t \cdot \frac{D_t}{2} \Rightarrow F_t = \frac{2 \cdot M_{2max}}{D_t} \quad (4)$$

$$F_t = \frac{2 \cdot 35161,2}{0,63}$$

$$F_t = 111622,857 N$$

kde:

$$D_t = 0,63\text{m} \quad \text{průměr turasového kola}$$

Velikost napínací síly:

$$F_n = 2 \cdot F_t \quad (5)$$

$$F_n = 2 \cdot 111622,857$$

$$F_n = 223245,714\text{N}$$

6. VÝPOČET REAKCÍ V PODPORÁCH NOSNÍKU

Pohyblivý vodič se dá uvažovat, jako jednoduchý nosník na dvou podporách. V místě spojení vodiče s rámem je kloubová podpora. Závěs se dá zjednodušeně řešit jako posuvná kloubová podpora, kdy hřídel spojující závěs s vodičem přenáší zatížení do kladek na závěsu. Síly zatěžující ložiska se zjistí uvolněním nosníku a výpočtem reakcí v místech podpor. Reakce se počítají ve čtyřech stupních náklonu vodiče, konkrétně:

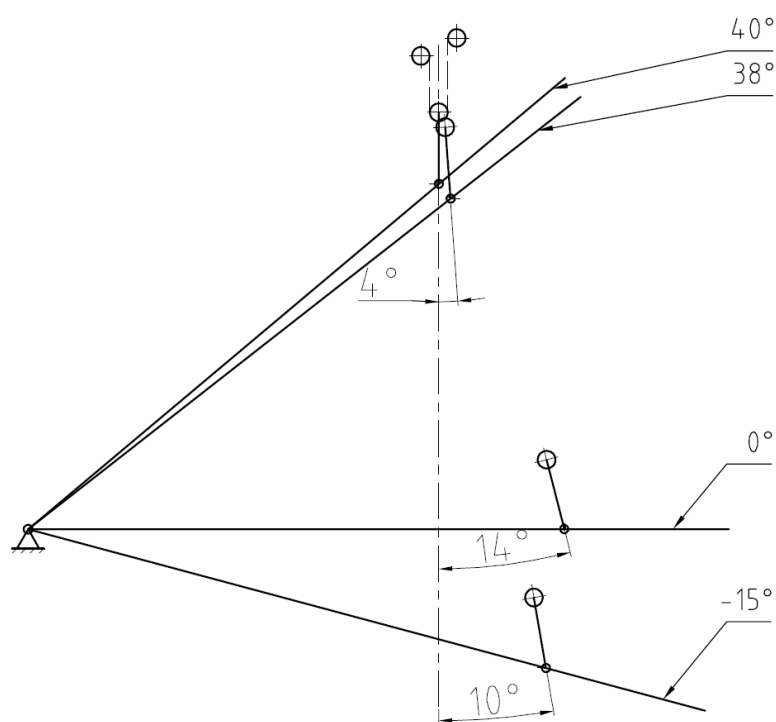
40° ...maximální zdvih vodiče – používaný při přejezdech příček mezi boxy

38° ...sypný úhel materiálu – úhel při kterém vodič začne shrnovat materiál a začíná působit napínací síla

0° ... úhel při němž tíha působí pouze ve směru osy y a napínací síla jen ve směru osy x

-15°...maximální ponor vodiče

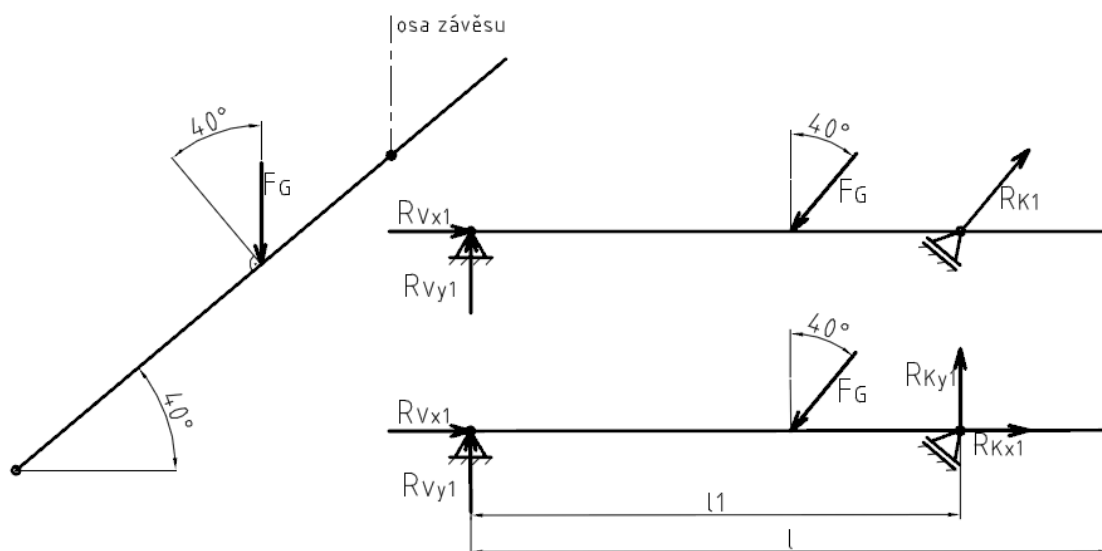
Zatímco tíhová síla vodiče působí vždy kolmo dolů a napínací síla působí v ose nosníku, tak závěs vodiče bude natočen vždy o jiný úhel. Je to způsobeno tím, že vodící kladky nejsou pohyblivé. Vodící kladky jsou v jedné rovině se závěsem pouze v nejvyšší poloze vodiče, ve všech ostatních polohách se závěs za vodícími kladkami naklání(obr.6.1).



Obr. 6.1 Naklání závěsu

Velikost reakcí při 40° náklonu (obr. 6.2):

Při výpočtu je nutné rozložit sílu působící v ose závěsu do dvou navzájem kolmých reakcí.



Obr. 6.2 Uvolnění nosníku při 40°

$$\sum F_{ix} = 0 \quad (6)$$

$$R_{Vx1} + R_{Kx1} - F_G \cdot \sin 40^\circ = 0$$

$$R_{Vx1} = F_G \cdot \sin 40^\circ - R_{Kx1}$$

$$R_{Vx1} = 137791,26 \cdot \sin 40^\circ - 57902,974$$

$$R_{Vx1} = 30667,541N$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (7)$$

$$R_{Vy1} + R_{Ky1} - F_G \cdot \cos 40^\circ = 0$$

$$R_{Vy1} = F_G \cdot \cos 40^\circ - R_{Ky1}$$

$$R_{Vy1} = 137791,26 \cdot \cos 40^\circ - 69006,077$$

$$R_{Vy1} = 36548,152N$$

$$\sum M_{iV} = 0 \quad (8)$$

$$R_{Ky1} \cdot l_1 - F_G \cdot \cos 40^\circ \cdot \frac{1}{2}l = 0$$

$$R_{Ky1} = \frac{F_G \cdot \cos 40^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot l}{l_1}$$

$$R_{Ky1} = \frac{137791,26 \cdot \cos 40^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot 15,69}{12}$$

$$R_{Ky1} = 69006,077N$$

$$\tan 40^\circ = \frac{R_{Kx1}}{R_{Ky1}} \Rightarrow R_{Kx1} = R_{Ky1} \cdot \tan 40^\circ \quad (9)$$

$$R_{Kx1} = 69006,077 \cdot \tan 40^\circ$$

$$R_{Kx1} = 57902,974N$$

$$\cos 40^\circ = \frac{R_{Ky1}}{R_{K1}} \Rightarrow R_{K1} = \frac{R_{Ky1}}{\cos 40^\circ} \quad (10)$$

$$R_{K1} = \frac{69006,077}{\cos 40^\circ}$$

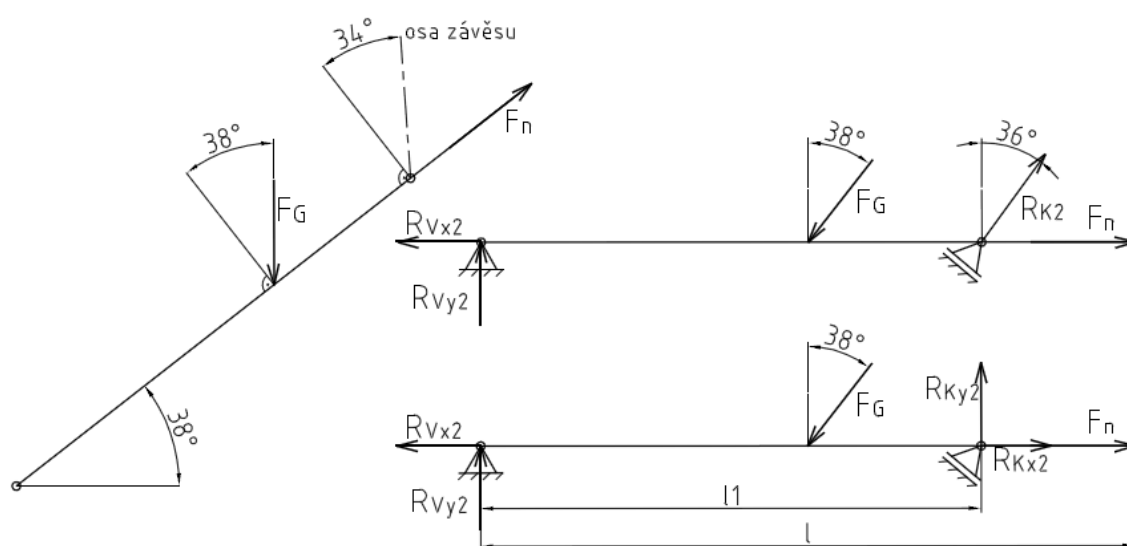
$$R_{K1} = 90081,036N$$

$$R_{V1} = \sqrt{R_{Vx1}^2 + R_{Vy1}^2} \quad (11)$$

$$R_{V1} = \sqrt{30667,541^2 + 36548,152^2}$$

$$R_{V1} = 47710,224N$$

Velikost reakcí při 38° náklonu(obr. 6.3):



Obr. 6.3 Uvolnění nosníku při 38°

$$\sum F_{ix} = 0 \quad (12)$$

$$R_{Vx2} + F_G \cdot \sin 38^\circ - R_{Kx2} - F_n = 0$$

$$R_{Vx2} = F_n + R_{Kx2} - F_G \cdot \sin 38^\circ$$

$$R_{Vx2} = 223245,714 + 47879,869 - 137791,26 \cdot \sin 38^\circ$$

$$R_{Vx2} = 186292,813N$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (13)$$

$$R_{Vy2} + R_{Ky2} - F_G \cdot \cos 38^\circ = 0$$

$$R_{Vy2} = F_G \cdot \cos 38^\circ - R_{Ky2}$$

$$R_{Vy2} = 137791,26 \cdot \cos 38^\circ - 70984,825$$

$$R_{Vy2} = 37596,169N$$

$$\sum M_{iV} = 0$$

$$R_{Ky2} \cdot l_1 - F_G \cdot \cos 38^\circ \cdot \frac{1}{2} l = 0 \quad (14)$$

$$R_{Ky2} = \frac{F_G \cdot \cos 38^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot l}{l_1}$$

$$R_{Ky2} = \frac{137791,26 \cdot \cos 38^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot 15,69}{12}$$

$$R_{Ky2} = 70984,825 N$$

$$\operatorname{tg} 34^\circ = \frac{R_{Kx2}}{R_{Ky2}} \Rightarrow R_{Kx2} = R_{Ky2} \cdot \operatorname{tg} 34^\circ \quad (15)$$

$$R_{Kx2} = 70984,825 \cdot \operatorname{tg} 34^\circ$$

$$R_{Kx2} = 47879,869 N$$

$$\cos 34^\circ = \frac{R_{Ky2}}{R_{K2}} \Rightarrow R_{K2} = \frac{R_{Ky2}}{\cos 34^\circ} \quad (16)$$

$$R_{K2} = \frac{70984,825}{\cos 34^\circ}$$

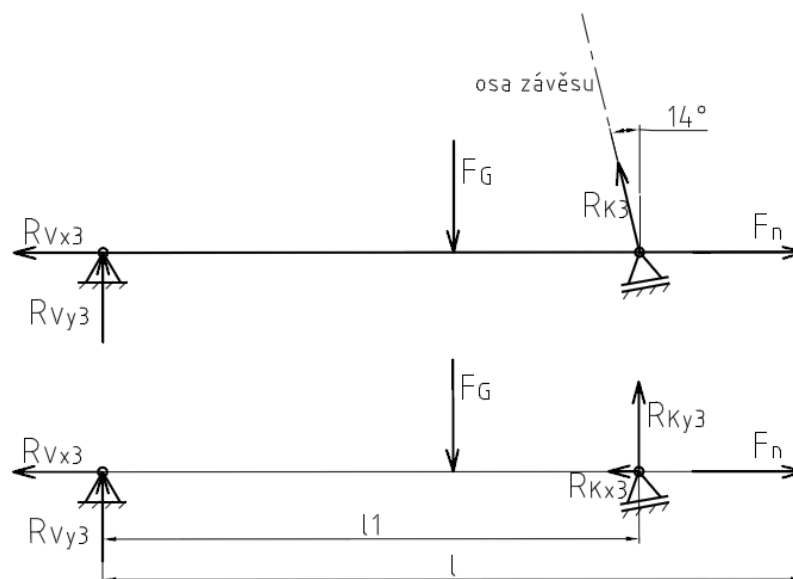
$$R_{K2} = 85623,170 N$$

$$R_{V2} = \sqrt{R_{Vx2}^2 + R_{Vy2}^2} \quad (17)$$

$$R_{V2} = \sqrt{186292,813^2 + 37596,169^2}$$

$$R_{V2} = 190048,636 N$$

Velikost reakcí při 0° náklonu(obr. 6.4):



Obr. 6.4 Uvolnění nosníku při 0°

$$\sum F_{ix} = 0 \quad (18)$$

$$R_{Vx3} - F_n + R_{Kx3} = 0$$

$$R_{Vx3} = F_n - R_{Kx3}$$

$$R_{Vx3} = 223245,714 - 22459,725$$

$$R_{Vx3} = 200785,989N$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (19)$$

$$R_{Vy3} + R_{Ky3} - F_G = 0$$

$$R_{Vy3} = F_G - R_{Ky3}$$

$$R_{Vy3} = 137791,26 - 90081,036$$

$$R_{Vy3} = 47710,224N$$

$$\sum M_{iV} = 0$$

$$R_{Ky3} \cdot l_1 - F_G \cdot \frac{1}{2}l = 0 \quad (20)$$

$$R_{Ky3} = \frac{F_G \cdot \frac{1}{2} \cdot l}{l_1}$$

$$R_{Ky3} = \frac{137791,26 \cdot \frac{1}{2} \cdot 15,69}{12}$$

$$R_{Ky3} = 90081,036N$$

$$tg14^\circ = \frac{R_{Kx3}}{R_{Ky3}} \Rightarrow R_{Kx3} = R_{Ky3} \cdot tg14^\circ \quad (21)$$

$$R_{Kx3} = 90081,036 \cdot tg14^\circ$$

$$R_{Kx3} = 22459,725N$$

$$cos14^\circ = \frac{R_{Ky3}}{R_{K3}} \Rightarrow R_{K3} = \frac{R_{Ky3}}{cos14^\circ} \quad (22)$$

$$R_{K3} = \frac{69006,077}{cos14^\circ}$$

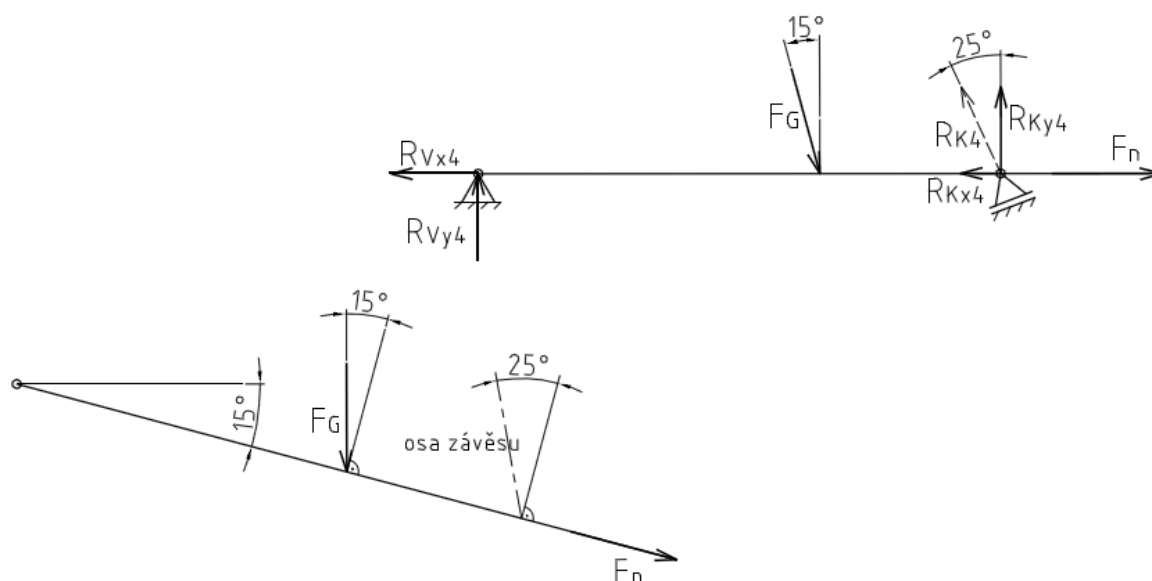
$$R_{K3} = 92838,744N$$

$$R_{V3} = \sqrt{R_{Vx3}^2 + R_{Vy3}^2} \quad (23)$$

$$R_{V3} = \sqrt{200785,989^2 + 47710,224^2}$$

$$R_{V3} = 206376,547N$$

Velikost reakcí při -15° náklonu(obr. 6.5):



Obr. 6.5 Uvolnění nosníku při -15°

$$\sum F_{ix} = 0 \quad (24)$$

$$R_{Vx4} + R_{Kx4} - F_G \cdot \sin 15^\circ - F_n = 0$$

$$R_{Vx4} = F_G \cdot \sin 15^\circ + F_n - R_{Kx4}$$

$$R_{Vx4} = 137791,26 \cdot \sin 15^\circ + 223245,714 - 40574,175$$

$$R_{Vx4} = 218334,541 \text{ N}$$

$$\sum F_{iy} = 0 \quad (25)$$

$$R_{Vy4} + R_{Ky4} - F_G \cdot \cos 15^\circ = 0$$

$$R_{Vy4} = F_G \cdot \cos 15^\circ - R_{Ky4}$$

$$R_{Vy4} = 137791,26 \cdot \cos 15^\circ - 87011,599$$

$$R_{Vy4} = 46084,537 \text{ N}$$

$$\sum M_{iV} = 0$$

$$R_{Ky4} \cdot l_1 - F_G \cdot \cos 15^\circ \cdot \frac{1}{2} l = 0 \quad (26)$$

$$R_{Ky4} = \frac{F_G \cdot \cos 15^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot l}{l_1}$$

$$R_{Ky4} = \frac{137791,26 \cdot \cos 15^\circ \cdot \frac{1}{2} \cdot 15,69}{12}$$

$$R_{Ky4} = 87011,599N$$

$$\operatorname{tg} 25^\circ = \frac{R_{Kx4}}{R_{Ky4}} \Rightarrow R_{Kx4} = R_{Ky4} \cdot \operatorname{tg} 25^\circ \quad (27)$$

$$R_{Kx4} = 87011,599 \cdot \operatorname{tg} 25^\circ$$

$$R_{Kx4} = 40574,175N$$

$$\cos 25^\circ = \frac{R_{Ky4}}{R_{K4}} \Rightarrow R_{K4} = \frac{R_{Ky4}}{\cos 25^\circ} \quad (28)$$

$$R_{K4} = \frac{87011,599}{\cos 25^\circ}$$

$$R_{K4} = 96006,677N$$

$$R_{V4} = \sqrt{R_{Vx4}^2 + R_{Vy4}^2} \quad (29)$$

$$R_{V4} = \sqrt{218334,541^2 + 46084,537^2}$$

$$R_{V4} = 223145,147N$$

kde:

$$F_G = 137791,26N \quad \text{tíhová síla}$$

$$F_n = 223245,714N \quad \text{napínací síla}$$

$$l = 15,69m \quad \text{délka rámu}$$

$$l_z = 1,6m \quad \text{délka závěsu}$$

$$l_l = 12m \quad \text{vzdálenost mezi čepem a závěsem vodiče}$$

Dílčí výsledky jsou:

$$R_{K1} = 90081,036N$$

$$R_{V1} = 47710,224N$$

$$R_{K2} = 85623,170N$$

$$R_{V2} = 190048,636N$$

$$R_{K3} = 92838,744N$$

$$R_{V3} = 206376,547N$$

$$R_{K4} = 96006,677N$$

$$R_{V4} = 223145,147N$$

Porovnáním se zjistí maximální reakce v kladkách a čepech vodiče::

$$R_{Kmax} = R_{K4} \quad (30)$$

$$R_{Kmax} = 96006,677N$$

$$R_{Vmax} = R_{V4} \quad (31)$$

$$R_{Vmax} = 223145,147N$$

7. VÝPOČET OBVODOVÝCH RYCHLOSTÍ

Zdvih vodiče zajišťuje lanový převod a vrátek poháněný dvojicí čelních převodových skříní s elektromotory NORD SK 9382 ASH VG-160L/4 Bre150 SR BSH TF SH IP66. Pro další výpočty je potřeba určit obvodovou rychlost na lanovém bubnu:

$$v_B = \pi \cdot D_B \cdot \frac{n_2}{60} \quad (32)$$

$$v_B = \pi \cdot 0,508 \cdot \frac{22}{60}$$

$$v_B = 0,585 m \cdot s^{-1}$$

kde:

$$\begin{aligned} n_2 &= 22 \text{ min}^{-1} && \text{výstupní otáčky převodovky[8]} \\ D_B &= 0,508 \text{ m} && \text{průměr lanového bubnu} \end{aligned}$$

K zjištění doby, kterou trvá přesun vodiče mezi krajními polohami je nejprve třeba zjistit vzdálenost mezi krajními polohami kladky závěsu vodiče v krajních polohách. Grafické řešení je na výkrese GRY110-BP-08. Tuto hodnotu je třeba vynásobit počtem nosných průřezů, čímž se zjistí délku lana, která pokrývá celý zdvih vodiče:

$$\begin{aligned} l_L &= n_{ip} \cdot l_s && (33) \\ l_L &= 2 \cdot 11,049 \\ l_L &= 22,098 \text{ m} \end{aligned}$$

kde:

$$\begin{aligned} n_{ip} &= 2 && \text{počet nosných průřezů v jedné větvi lanového převodu} \\ l_s &= 11,049 \text{ m} && \text{vzdálenost mezi krajními polohami kladky závěsu} \end{aligned}$$

Čas potřebný k přesunu mezi krajními polohami:

$$\begin{aligned} v_B = \frac{l_L}{t_Z} \Rightarrow t_Z = \frac{l_L}{v_B} &&& (34) \\ t_Z = \frac{22,098}{0,585} = 37,8 \text{ s} \end{aligned}$$

Na lanový buben i na vodící kladku, umístěnou blíže lanovému bubnu, působí shodné obvodové rychlosti:

$$\begin{aligned} v_K &= v_B && (35) \\ v_K &= 0,585 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{aligned}$$

Z této obvodové rychlosti se přepočtem získá kluzná rychlost ložiska:

$$\begin{aligned} v_K = \pi \cdot D_K \cdot \frac{n_{VoK1}}{60} \Rightarrow n_{VoK1} = \frac{60 \cdot v_K}{\pi \cdot D_K} &&& (36) \\ n_{VoK1} = \frac{60 \cdot v_K}{\pi \cdot D_K} = \frac{60 \cdot v_{VoK1}}{\pi \cdot d_k} \end{aligned}$$

$$\frac{v_K}{D_K} = \frac{v_{VoK1}}{d_k} \Rightarrow v_{VoK1} = \frac{v_K \cdot d_k}{D_K}$$

$$v_{VoK1} = \frac{0,585 \cdot 0,1}{0,4}$$

$$v_{VoK1} = 0,146 m \cdot s^{-1}$$

kde:

$$d_k = 0,1 m \quad \text{průměr čepu kladky}$$

$$D_K = 0,4 m \quad \text{průměr kladky}$$

Na každou otáčku kladky závěsu se musí vodící kladka otočit dvakrát, vodící kladka má tedy dvojnásobné otáčky a kluznou rychlost, proto kluzná rychlost ložiska kladky závěsu je:

$$v_{KZ} = \frac{v_{VoK1}}{2} \tag{37}$$

$$v_{KZ} = \frac{0,585}{2}$$

$$v_{KZ} = 0,293 m \cdot s^{-1}$$

Vyrovnávací kladky vyrovnávají nestejná prodloužení rovnoběžných větví lana pouze malým natočením. Proto se kluzná rychlost v ložiskách vyrovnávacích kladek považuje za nulovou.

$$v_{VyK} = 0 \tag{38}$$

Vzhledem k minimálnímu pohybu na vyrovnávacích kladkách bude i kluzná rychlost působící na vodící kladku vzdálenější od bubnu nulová.

$$v_{VoK2} = 0 \tag{39}$$

Vodič shrnovacího řetězu se kolem svého čepu natáčí v rozmezí -15° až 40° . V ložiskách proto působí pouze minimální kluzná rychlost, kterou se určí ze vztahu:

$$v_c = \omega_c \cdot \frac{d_c}{2} \quad (40)$$

$$v_c = \frac{\varphi}{t_z} \cdot \frac{d_c}{2}$$

$$v_c = \frac{0,9599}{37,8} \cdot \frac{0,1}{2}$$

$$v_c = 0,001 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

kde:

$$d_c = 0,1 \text{ m} \quad \text{průměr čepu vodiče}$$

$$\omega_c = \frac{\varphi}{t_z} \quad (41)$$

$$\varphi = \frac{\pi}{180} \cdot (15^\circ + 40^\circ) = 0,9599 \text{ rad} \quad (42)$$

8. KONTROLA TLAKŮ V LOŽISKÁCH

Hřídele jsou relativně dražší než ložiska, proto se materiály volí tak aby se opotřebení přeneslo na ložisko. Materiál ložiska ČSN 42 3123 má minimální tvrdost $HB=80$ a čepy jsou vyrobeny z materiálu 11 523.0, který má maximální tvrdost $HB=274$. Rozdíl tvrdostí je dostačující, materiál ložiska je vhodný.

Pro výpočet tlaku působícího na plochu ložiska je třeba vypočítat sílu, která na ložisko působí. Zhladem k tomu, že rozložení sil v pohyblivém vodiči není rovnoměrné, je potřeba určit poměr rozložení sil. Ten bude v případě čepů vodiče $\frac{2}{3} : \frac{1}{3}$. Nerovnoměrné rozložení sil v kladkách srovnávají vyrovnávací kladky, poměr rozložení sil v kladkách pak bude 1:1.

Maximální síla působící v jedné kladce:

$$\begin{aligned}F_K &= \frac{R_{Kmax}}{2} & (43) \\F_K &= \frac{96006,677}{2} \\F_K &= 48003,339N\end{aligned}$$

Maximální síla působící v jednom čepu vodiče:

$$\begin{aligned}F_V &= \frac{2}{3} \cdot R_{Vmax} & (44) \\F_V &= \frac{2}{3} \cdot 223145,147 \\F_V &= 148763,431N\end{aligned}$$

Kontrola tlaku na pouzdro v kladce:

$$\begin{aligned}p_K &= \frac{F_K}{d \cdot b} \leq p_D & (45) \\p_K &= \frac{48003,339}{100 \cdot 100} \\p_K &= 4,8MPa \\p_K &< p_D \Rightarrow \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

Kontrola tlaku na pouzdro na čepu vodiče:

$$\begin{aligned}p_V &= \frac{F_V}{d \cdot b} \leq p_D & (46) \\p_V &= \frac{148763,431}{100 \cdot 100} \\p_V &= 14,876MPa \\p_V &< p_D \Rightarrow \text{vyhovuje}\end{aligned}$$

kde:

$p_D =$	20MPa	dovolený měrný tlak[6]
$b =$	100mm	šířka ložiska
$d =$	100mm	vnitřní průměr ložiska

Součin tlaku a kluzné rychlosti vyjadřuje tepelné zatížení ložiska. Je nutné, aby byl součin menší, než je dovolená hodnota pro daný materiál. Vzhledem k minimálním kluzným rychlostem bude i tepelné zatížení ložisek pouze minimální. Není technicky možné, aby zároveň na ložisko v pohyblivém vodiče působil jak nejvyšší tlak, tak nejvyšší kluzná rychlost. Výpočet je proto proveden pouze pro ložisko v kladce závěsu.

Tepelné zatížení ložiska v kladce závěsu:

$$p_K \cdot v_{KZ} < (p \cdot v)_D \quad (47)$$

$$p_K \cdot v_{KZ} = 4,8 \cdot 0,293$$

$$p_K \cdot v_{KZ} = 1,406 \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$p_K \cdot v_{KZ} < (p \cdot v)_D \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

kde:

$$(p \cdot v)_D = 20 \text{MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad \text{dovolené tepelné zatížení[6]}$$

9. ZÁVĚR

Úkolem této bakalářské práce bylo navržení vhodné alternativy k stávajícím kluzným ložiskům. Provoz ukázal, že stávající řešení je kvůli pracovnímu prostředí nevhodné a ložisko je třeba domazávat. Proto bylo zapotřebí navrhnout zcela nový typ ložiska, který by nahradil současnou variantu. Podmínkou byla snaha o zachování rozměrů pro co největší možné množství součástí.

Výpočet vychází ze zadaných hodnot, což byly hmotnosti jednotlivých částí pohyblivého vodiče a pohony lanového zdvihu a shrnovacího řetězu. Výpočtem reakcí se zjistily maximální hodnoty zatížení působící na ložiska v kladkách závěsu a na čepech pohyblivého vodiče. Dále se určil měrný tlak na ložiska a zjistilo se, že vyhovují.

Navržené bronzové ložisko je nákladnější při výrobě, náročnější na údržbu a je nutné vytvořit pro něj vhodný systém mazání. Oproti současné variantě, však přináší větší odolnost vůči nečistotám a při vhodném mazání i několikanásobně vyšší životnost.

V příložené výkresové dokumentaci jsou návrhy ložisek jak pro kladky, tak pro čepy pohyblivého vodiče, kde je brán ohled na to, že vodič řetězu se pouze naklápí v rozmezí 55°. Dále jsou zde návrhy mazacích otvorů v čepech, kdy rozměry čepů zůstávají zachovány. Jedinými součástmi shrnovače, které doznaly výrazné změny rozměrů, jsou kladky, ve kterých bylo třeba zvětšit otvor pro ložiska.

10. SEZNAM POUŽITÝCH PRAMENŮ

- [1] JEŘÁBEK, Karel; HELEBRANT, František; JURMAN, Josef; VOŠTOVÁ, Věra. *Stroje pro zemní práce, silniční stroje*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1996. 466 s. ISBN 80 - 7078 - 389 - 3
- [2] HOJDAR, Josef; HELEBRANT, František. *Povrchové dobývací stroje: úvodní část*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1983. 60 s.
- [3] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: ALBRA. 2003. 872 s. ISBN 80-86490-74-2
- [4] KŘÍŽ, Rudolf; VÁVRA, Pavel. *Strojírenská příručka: 6.svazek*. Praha: SCIENTIA. 1995. 292 s. ISBN 80-85827-88-3
- [5] VINŠ, Jindřich. *Kluzná ložiska*. Praha: SNTL. 1971. 375 s.
- [6] HOSNEDL, Stanislav; KRÁTKÝ, Jaroslav. *Příručka strojního inženýra: Obecné strojní části I*. Brno: Computer Press. 1999. 371 s. ISBN 80-7226-055-3
- [7] *PRODECO*
URL:<<http://www.prodeco.cz/cs/vyrobní-program/zakladace/zp-6800>>[cit.2010-03-07]
- [8] *NORD*
URL:<http://www2.nord.com/cms/media/documents/bw/G1000_PL_CZ_RU.pdf>
[cit.2010-04-13]
- [9] *MADEX*
URL:< http://madex.cz/index_soubory/Page371.htm>[cit.2010-03-18]
- [10] *SKF*
URL:<<http://www.praktikloziska.cz/admin/uploaded/file/SKF/kluzna%20pouzdra.pdf>>
[cit.2010-05-03]
- [11] *AMECO*
URL:< <http://www.ameco-tm.com/cement-industry/>>[cit.2010-02-07]
- [12] *FAM*
URL:<<http://www.fam.de/english/Products/Stockyard%2520systems/index.html>>
[cit.2010-02-07]
- [13] *Paramo*
URL:<<http://eshop.paramo.cz/produkty/KatalogovyList.aspx?kodproduktu=V591309>>
[cit.2010-05-03]

11. SEZNAM PŘÍLOH

GRY110-BP-01	ZÁVĚS VODIČE
GRY110-BP-02	KLADKA
GRY110-BP-03	ČEP KLADKY
GRY110-BP-04	ČEP VODIČE
GRY110-BP-05	POUZDRO KLADEK
GRY110-BP-06	POUDRO ČEPU VODIČE
GRY110-BP-07	MEZIKUS
GRY110-BP-08	GRAFICKÉ ŘEŠENÍ